

## KARAKTERISTIK FISIK DAN STRUKTUR MIKRO KOMPOSIT LOGAM ALUMINIUM-GRAFIT HASIL PROSES METALURGI SERBUK

Agus Pramono<sup>1</sup>, Salahuddin Junus<sup>2</sup>

### ABSTRACT

*Composite graphite aluminium represent the material with the nature of good mechanic and also light mass so that able to economize the fuel. Composite graphite aluminium made with the method of powder metallurgy with the step of making mixing powder, compaction and sintering. Composite this upon which for the application of bearing self-lubricating, so that have to measure up to the high mechanic. Nature of the will not be reached when matrix by reinforce do not tying. To improve that matter, need the drenching and detention of time sintering. This research use the volume faction 92% alluminium and 8% graphite and 10% Magnesium as wetting agent. At drenching process conducted by a graphite veneering as reinforce use the condensation  $\text{HNO}_3$  to yield metal oxide which variation 20 ml, 40 ml and 50 ml  $\text{HNO}_3$  with the time sintering 15 minute, 30 minute and 60 minute. At this research done by examination density, porosity and micro structure perception. Result of research indicate that the time hold up the sintering progressively mount hence density go up and porosity descend so that yielded a closer micro structure but accompanied also deffect becoming initial crack from composite material, optimum variable yielded at 20 ml  $\text{HNO}_3$  and time sinter 60 minute with the value density  $2,48 \text{ g/cm}^3$  and porosity 17,2 %.*

*Keywords: composite, sintering and powder metallurgy*

### PENDAHULUAN

Seiring semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi dibidang otomotif maka menuntut penggunaan material dengan *properties* dan kinerja terbaik. Saat ini penelitian material komposit matrik logam (*Metal Matrix Composite*) sedang dikembangkan untuk mendapatkan material dengan sifat yang diinginkan dan lebih baik dari material konvensional.

Komposit matrik logam aluminium grafit merupakan salah satu material yang dapat memenuhi sifat mekanik yang baik karena kedua material tersebut memiliki sifat mekanik yang berbeda. Aluminium sebagai penyusun utama yang mempunyai berat jenis rendah yakni  $2,70 \text{ g/cm}^3$  dan *tensile strength* 89,7 MPa yang rendah dibandingkan dengan baja atau logam lain. Sedangkan grafit sebagai penguat (*reinforce*) mempunyai berat jenis  $2,35 \text{ g/cm}^3$  dan nilai kekerasan yang tinggi. Sehingga apabila digabungkan menghasilkan material memiliki sifat mekanik yang baik

Dalam pembuatan komposit perlu adanya kemampuan pembasahan (*wettability*) dari matrik untuk membasahi penguat (*reinforce*) sehingga ikatan antar muka pada material komposit dapat terjadi jika adhesi antara penguat dengan matrik terjadi, maka pada penelitian ini grafit dilakukan pelapisan metal oksida. Dengan metode *electroless plating*, dengan mereaksikan magnesium dan aluminium menggunakan variabel larutan  $\text{HNO}_3$  sehingga memudahkan pembasahan. Waktu tahan temperatur *sinter* mempengaruhi karakteristik hasil komposit. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian ini untuk mengetahui nilai optimum variabel larutan  $\text{HNO}_3$  dan waktu tahan temperatur *sinter* terhadap karakteristik dari nilai porositas, nilai densitas dan hasil uji metalografi.

---

<sup>1</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tirtayasa

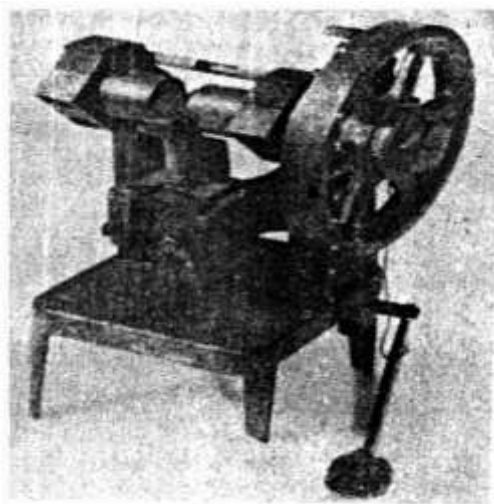
<sup>2</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

## TINJAUAN PUSTAKA

### Metalurgi Serbuk

Metalurgi serbuk adalah suatu kegiatan yang mencakup pembuatan benda komersial, baik yang jadi atau masih setengah jadi (disebut *kompak mentah*), dari serbuk logam melalui penekanan. Proses ini dapat disertai pemanasan akan tetapi suhu harus berada dibawah titik cair serbuk. Pemanasan selama proses penekanan atau sesudah penekanan yang dikenal dengan istilah *sinter* menghasilkan pengikatan partikel halus. Dengan demikian kekuatan dan sifat-sifat fisis lainnya meningkat. Produk hasil metalurgi serbuk dapat terdiri dari produk campuran serbuk berbagai logam atau dapat pula terdiri dari campuran bahan bukan logam untuk meningkatkan ikatan partikel dan mutu benda jadi secara keseluruhan. Kobalt atau jenis logam lainnya diperlukan untuk mengikat partikel tungsten, sedang grafit ditambahkan pada serbuk logam bantalan untuk meningkatkan kualitas bantalan.

Serbuk logam jauh lebih mahal harganya dibandingkan dengan logam padat dan prosesnya, yang hanya dimanfaatkan untuk produksi massal sehingga memerlukan die dan mesin yang mahal harganya. Harga yang cukup mahal ini dapat dibenarkan berkat sifat-sifat khusus yang dimiliki benda jadi. Beberapa produk hanya dapat dibuat melalui proses serbuk; produk lainnya mampu bersaing dengan proses lainnya karena ketepatan ukuran sehingga tidak diperlukan penyelesaian lebih lanjut. Serbuk emas dan perak serta yang lainnya telah lama dikenal dan penemuan pres tekan lainnya terlihat pada gambar 9.1 menggalakkan perkembangan metalurgi serbuk.



Gambar 1. Pres tekan yang digunakan sekitar tahun 1870

### Sifat Khusus Serbuk Logam

Ukuran partikel, bentuk dan distribusi ukuran serbuk logam, mempengaruhi karakter dan sifat fisis dari benda yang dimampatkan. Serbuk dibuat menurut spesifikasi antara lain bentuk, kehalusan, distribusi ukuran partikel, mampu alir (*flowability*), sifatkimia, mampu tekan (*compressibility*), berat jenis semu dan sifat-sifat sinter.

1. Bentuk

Bentuk partikel serbuk tergantung pada cara pembuatannya, dapat bulat, tidak teratur, dendritik, pipih atau bersudut tajam.

2. Kehalusan

Kehalusan berkaitan erat dengan ukuran butir dan ditentukan dengan mengayak serbuk dengan ayakan standar atau dengan pengukuran mikroskop. Ayakan standar berukuran mesh 36 – 850  $\mu\text{m}$  digunakan untuk mengecek ukuran dan menentukan distribusi ukuran partikel dalam daerah tertentu.

3. Sebaran Ukuran Partikel

Dengan sebaran ukuran partikel ditentukan jumlah partikel dari setiap ukuran standar dalam serbuk tersebut. Pengaruh sebaran terhadap mampu alir, berta jenis semu dan porositas produk cukup besar. Sebaran tidak dapat diubah tanpa mempengaruhi ukuran benda tekan.

4. Mampu Alir

Mampu alir merupakan karakteristik yang menggambarkan sifat alir serbuk dan kemampuan memenuhi ruang cetak. Dapat digambarkan sebagai laju alir melalui suatu celah tertentu.

5. Sifat Kimia

Terutama menyangkut *kemurnian* serbuk, jumlah oksida yang diperbolehkan dan kadar elemen lainnya.

6. Kompresibilitas

Kompresibilitas adalah perbandingan volume serbuk semula dengan volume benda yang ditekan. Nilai ini berbeda-beda dan dipengaruhi oleh distribusi ukuran dan bentuk butir. Kekuatan tekan mentah tergantung pada kompresibilitas.

7. Berat Jenis Curah

Berat jenis curah atau berat jenis serbuk dinyatakan dalam kilogram per meter kubik. Harga ini harus tetap, agar jumlah serbuk yang mengisi cetakan setiap waktunya tetap sama.

8. Kemampuan Sinter

Sinter adalah proses pengikatan partikel melalui proses pemanasan.

### Cara Pembuatan Serbuk

Meskipun semua logam secara teoritis dapat dibuat menjadi serbuk, hanya beberapa jenis logam dimanfaatkan dalam pembuatan benda jadi. Beberapa jenis logam memang tidak dapat dibuat secara ekonomis. Yang digunakan adalah kelompok serbuk besi dan tembaga. Brons digunakan untuk membuat bantalan poreus, bras dan besi banyak digunakan untuk membuat suku cadang mesin yang kecil-kecil. Serbuk nikel, perak, wolfram dan aluminium banyak juga digunakan dalam metalurgi serbuk.

Berbagai jenis serbuk logam, karena mempunyai cirri-ciri fisis dan kimia tertentu memerlukan cara pembuatan yang berbeda. Prosedur berbeda, begitu pula ukuran dan struktur partikel. *Pemesinan* akan menghasilkan partikel yang kasar dan digunakan untuk membuat serbuk magnesium. Proses penggilingan dengan memanfaatkan berbagai macam mesin penghancur, mesin giling dan mesin tumbuk dapat menghancurkan berbagai jenis logam. Bahan yang rapuh dapat dihaluskan dan dihancurkan dengan cara ini. Proses ini juga dimanfaatkan pada pembuatan zat pigmen dari bahan yang duktil dan diperoleh partikel berbentuk serpih. Biasanya ditambahkan minyak untuk memecah penggumpalan. *Shooting* adalah operasi dimana logam cair dituangkan melalui suatu saringan atau lubang disusul dengan pendinginan dalam air. Proses ini menghasilkan partikel yang bulat atau lonjong. Logam pada umumnya dapat di"shot" namun kerap kali ukuran partikel yang dihasilkan terlalu besar. *Atomisasi* atau penyemprotan logam, merupakan suatu cara yang baik untuk membuat serbuk dari logam suhu rendah seperti timah hitam, aluminium, seng dan timah putih. Bentuk partikel tidak teratur dan ukurannya berbeda-beda. Proses ini disebut granulasi tergantung pada pembentukan oksida pada permukaan partikel selama proses pengadukan,

Pengendapan elektrolit (electrolytic deposition) adalah cara yang umum diterapkan untuk mengolah besi, perak, tantalum dan beberapa jenis logam lainnya. Untuk membuat serbuk besi digunakan elektroda plat baja yang dipasang sebagai anoda dalam tangki yang mengandung elektrolit. Plat baja tahan karat ditempatkan dalam tangki sebagai katoda dan besi mengendap dalam elektroda tersebut. Digunakan arus searah dan setelah  $\pm 48$  jam, diperoleh endapan setebal 2 mm. Plat katoda kemudian dikeluarkan dan besi elektrolitik dikeruk. Besi yang sangat rapuh ini dicuci lalu disaring. Serbuk diambil untuk pelunakan. Pada proses reduksi, oksida logam direduksi menjadi serbuk dengan mengalirkan gas pada suhu di bawah titik cair. Untuk serbuk besi, biasanya digunakan kerak, suatu oksida besi. Oksida ini dicampur dengan serbuk kokas dan dimasukkan ke dalam tanur putar.

Pada ujung pelepasan, campura ini dipanaskan sampai 1050°C, hal ini menyebabkan karbon bereaksi dengan oksigen yang terdapat dalam oksida besi. Terbentuklah gas yang dialirkan keluar. Besi yang tertinggal cukup murni dan berbentuk spons. Serbuk logam lainnya seperti wolfram, molibden, nikel dan kobalt dibuat dengan proses yang sama. Cara produksi yang lain diikuti presipitasi, kondensasi, dan proses kimia telah dikembangkan untuk menghasilkan serbuk logam.

### **Mekanisme Pembentukan**

Serbuk untuk produk tertentu harus dipilih dengan teliti agar terjamin suatu proses pembentukan yang ekonomis dan diperoleh sifat-sifat yang diinginkan untuk produk akhirnya. Bila hanya digunakan satu jenis serbuk dengan sebaran ukuran partikel yang tepat, biasanya tidak diperlukan pencampuran lagi sebelum proses penekanan. Kadang-kadang berbagai ukuran partikel serbuk dicampurkan dengan tujuan untuk merubah beberapa karakteristik tertentu seperti yang telah dijelaskan sebelumnya ; mampu alir dan berat jenis, umumnya serbuk yang ada di pasar mempunyai sebaran ukuran partikel yang memadai. Pencampuran akan sangat penting bila menggunakan campuran serbuk, atau bila ditambahkan serbuk bukan logam. Pencampuran serbuk harus dilakukan di lingkungan tertentu untuk mencegah terjadinya oksida atau kecacatan.

Hampir semua jenis serbuk memerlukan pelumas pada proses pembentukan untuk mengurangi gesekan pada dinding cetakan serta untuk memudahkan pengeluaran. Meskipun penambahan pelumas menyebabkan peningkatan porositas namun sebenarnya fungsi pelumas dimaksudkan untuk meningkatkan tingkat produksi yang banyak digunakan pada mesin peres dengan pengumpan otomatis. Pelumas tersebut antara lain adalah asam stearik, lithium stearat dan serbuk grafit.

### **METODE PENELITIAN**

Pada penelitian ini, aluminium yang digunakan aluminium seri 1100 yang berada di pasaran berupa plat. Kemudian plat tersebut dibuat serbuk dengan metode *machining* dengan menggunakan mesin bor kontur. Setelah itu, hasil serbuk dihaluskan dengan menggunakan mesin *disk mill* sehingga menghasilkan serbuk aluminium dengan ukuran 150 mesh. Adapun komposisi aluminium plat setelah diuji *spectrometer*. Grafit yang digunakan adalah grafit limbah elektroda, yang kemudian dihancurkan, setelah berupa krikil diperhalus menggunakan mesin *disk mill* sehingga menghasilkan serbuk grafit dengan ukuran 180 mesh. Magnesium yang digunakan adalah magnesium murni yang berada di pasaran, kemudian dibuat serbuk dengan mesin bor mata kontur.

Aluminium serbuk dengan fraksi volum 92% dan grafit 8% . Kemudian grafit dilapisi larutan HNO<sub>3</sub> dengan variabel 20 ml, 40 ml dan 50 ml yang ditambahkan magnesium 10% dari berat grafit dan 1 gram aluminium dari berat matriknya. Dipanaskan pada T= 80°C selama pengadukan dengan menggunakan *magnetic stirrer*. Proses oksidasi partikel grafit dilakukan di oven sampai larutan HNO<sub>3</sub> menguap semua. Setelah terlapisi, serbuk grafit kemudian dicampurkan dengan serbuk aluminium dengan mesin *blender* selama 5 menit. Timbang 7 gram serbuk (Al+Grafit) untuk satu sampel, kemudian masukan dalam cetakan. Melakukan kompaksi dengan mesin *press* dengan tekanan 240 bar dan waktu 15 menit Melakukan proses *sintering* dengan memanaskan pada *muffle furnace* dengan temperatur *sintering* T = 750°C dengan waktu tahan 15 menit, 30 menit dan 60 menit. Pengujian yang dilakukan yaitu metalografi, uji porositas metode *Archimedes*, uji densitas metode *Archimedes*, Gambar 2 di bawah ini merupakan sampel dari produk komposit aluminium grafit.

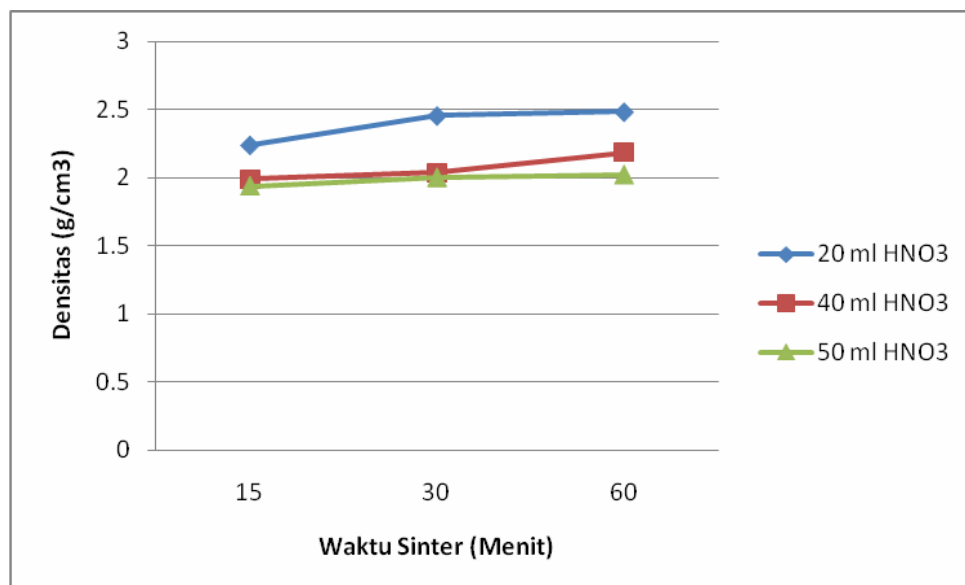


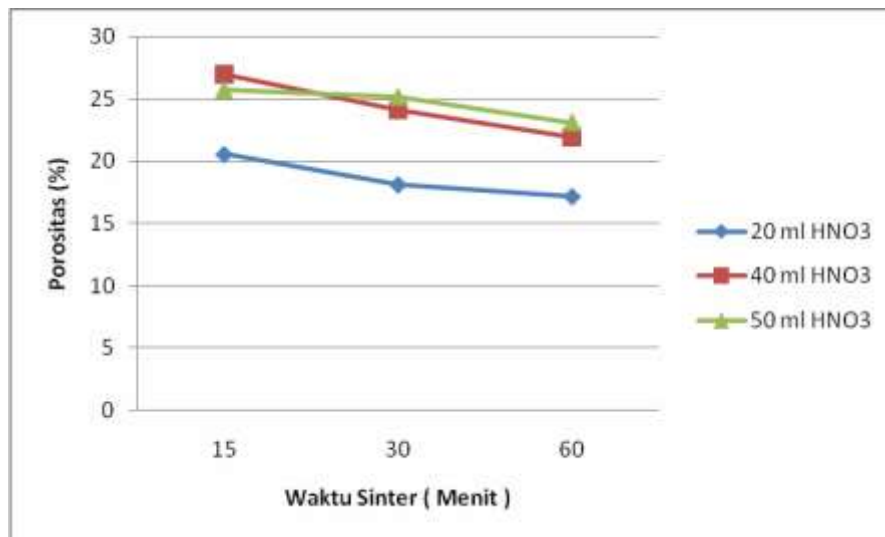
Gambar 2. Sampel sebelum dan sesudah sinter

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakterisasi Komposit Aluminium grafit

Peningkatan waktu tahan temperatur *sinter* dapat menaikkan nilai densitas dan menurunkan nilai porositas tetapi penambahan volume  $\text{HNO}_3$  menurunkan nilai densitas dan menaikkan porositas yang ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4. Densitas tertinggi didapat pada waktu tahan temperatur *sinter* 60 menit pada volume  $\text{HNO}_3$  20 ml sebesar  $2,48 \text{ g/cm}^3$  dan densitas terendah didapat pada waktu tahan temperatur *sinter* 15 menit pada  $\text{HNO}_3$  50 ml sebesar  $1,94 \text{ g/cm}^3$ . Sedangkan porositas tertinggi pada waktu tahan temperatur *sinter* 15 menit pada volume  $\text{HNO}_3$  40 ml sebesar 26,9% dan porositas terendah pada temperatur *sinter* 60 menit pada volume  $\text{HNO}_3$  20 ml sebesar 17,2%.

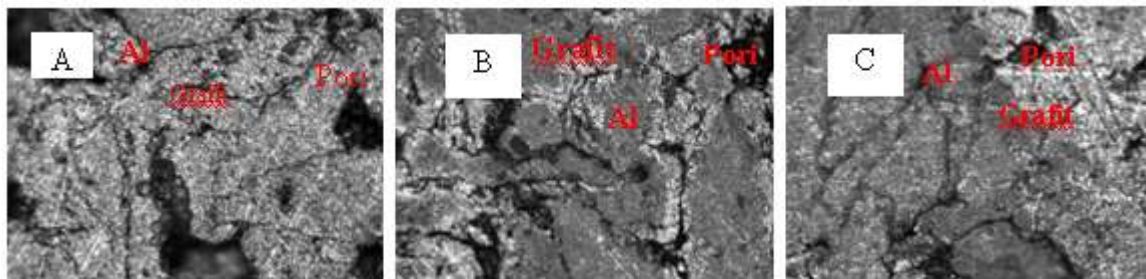
Gambar 3. Grafik pengaruh waktu *sinter* dan pelapisan  $\text{HNO}_3$  terhadap densitas



Gambar 4. Grafik pengaruh waktu *sinter* dan pelapisan HNO<sub>3</sub> terhadap porositas

### Pengamatan Struktur Mikro ( Mikroskop Optik )

Analisa metalografi (struktur mikro) merupakan teknik yang digunakan untuk mengetahui struktur mikro suatu logam, karena pada umumnya mempengaruhi sifat mekanik yang akan dihasilkan. Pada penelitian ini, untuk mengamati struktur mikro dilakukan dengan dua alat, dengan menggunakan mikroskop optik dan *Scanning Electron Mikroskop (SEM)*.



Gambar 5. Sampel Komposit Al-Grafit: A). 20 ml HNO<sub>3</sub>, waktu *sinter* 15 menit, B). 20 ml HNO<sub>3</sub>, waktu *sinter* 30 menit. C). 20 ml HNO<sub>3</sub>, waktu *sinter* 60 menit dengan perbesaran 200 X.

Pada Gambar 5 terlihat unsur aluminium dengan warna abu-abu sesuai dengan sifat fisik aluminium, sedangkan grafit ditunjukkan dengan warna hitam tetapi tidak terlihat ke dalam hanya seperti bercak. Porositas tampak pada struktur mikro dengan warna hitam, untuk membedakan antara grafit dengan porositas, porositas berwarna hitam terlihat kedalam sedangkan grafit berwarna

### KESIMPULAN

1. Hasil dari pengamatan struktur mikro bahwa komposit aluminium grafit tidak terdapat *inter locking* (penguncian butir).
2. Peningkatan waktu tahan temperatur *sinter* dapat menaikkan nilai densitas dan menurunkan nilai porositas tetapi penambahan volume HNO<sub>3</sub> menurunkan nilai densitas dan menaikkan porositas. Selain berpengaruh terhadap nilai densitas dan porositas, peningkatan waktu tahan temperatur *sinter* juga dapat menaikkan nilai kekerasan dan nilai kuat tekannya,
3. Hasil dari penamatan *scanning electron mikroskop* bahwa pada material komposit terdapat unsur Al, C (grafit), Mg<sub>2</sub>AlO<sub>4</sub> dan tidak terbentuk senyawa baru dari Al dan C (grafit).

**DAFTAR PUSTAKA**

- Anggrainy Ricca, Zulfia Anne. 2006. "Pengaruh Temperatur Sinter Terhadap Karakteristik Komposit Matriks Logam Aluminium grafit Produk Metalurgi Serbuk". Depok. Universitas Indonesia
- Askeland. R. Donal, Phule P, Pradeep. 2002. "*Essentials of Materials Science and Engineering*".
- Bassan Z. Shashkhashiri. 2007. *Chemical of the week aluminium*. Science is Fun. Retrieved on 2007-08-28.
- Clyne, T. W. 2001. "*Metal Matrix Composite : Matrices and Process*". Cambridge. University of Cambridge
- Ekawati Dhian, Zulfia Anne. 2008. "Pengaruh Temperatur Sinter Terhadap Karakteristik Komposit Aluminium Grafit dengan *Wetting Agent* Tembaga". Depok. Universitas Indonesia.
- Kalpakjian. 1997. "*Properties and Processing of Powder Metals, Ceramics, Glasses, and Composites*". Addison Wesley.
- Miracle D. Daniel, Donaldson L. Steven. 2004. "*Introduction to Composite*". Air Force Research Laboratory.
- Meier, Mike. 2004. "*Mechanical Properties of Selected Alloy*". Davis. University of California
- Nurmawati, Zulfia Anne. 2008. "Pengaruh Waktu Tahan Sinter dan Fraksi Volume Penguat  $Al_2O_3$  terhadap Karakteristik Komposit Laminat Hibrid Al/SiC-Al/ $Al_2O_3$  Produk Metalurgi Serbuk. Depok. Universitas Indonesia.
- Pramono, Agus. 2008. "Komposit Sebagai Trend Teknologi Masa Depan". Cilegon. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Sugeng Bambang, dkk. 2003. "Bidang Bahan Industri Nuklir". Serpong. Puspitek Indonesia
- Romiyarso B, Toni. 2005. "Komposit Matrik Logam Untuk Bahan Mobil". Serpong. Puspitek Indonesia
- Randall M German. 1996. "*Sintering Theory and Practice*". New York. USA.
- Rizkiyani, Ayu aini, Zulfia Anne. 2008. "Pengaruh Kadar Grafit Terhadap Karakteristik Komposit Aluminium Grafit dengan *Wetting Agent* Tembaga". Depok. Universitas Indonesia
- Sakti Khairul. 2009. "Pembuatan Komposit Metal Al Alloy Nano Keramik SiC dan Karakteristiknya". Medan. Universitas Sumatra Utara.
- Sinaga, Dante. 2008. Prospek Industri Alumina dalam Kaitannya dengan Industri Aluminium di Indonesia. Sumatera Utara : PT. Indonesia Asahan Aluminium.
- Verlinden. B Froyen. 1994. "*Aluminium Powder Metallurgy*". Belgium. University of Leuven.
- www.substech.com. Substances & Technology. 2010. "*Solid State Fabrication Of Metal Matrix Composites*". Diakses tahun 2010.
- www. Digital Collection Petra Christian university. "Metalurgi Serbuk". Diakses 2010
- William D. Callister. 2003. "*Materials Science and Engineering An Introduction 6<sup>Th</sup> edition*". Singapore.
- Zainuri M, Siradj S. Eddy. Priadi Dedi, Zulfia Anne, Darminto. 2008. "Pengaruh Pelapisan Permukaan Partikel SiC dengan Oksida Metal Terhadap Modulus Elastisitas Komposit Al/SiC". Depok. Universitas Indonesia